

# ÁGUA NO SOLO INFLUENCIADA PELA POSIÇÃO NA PAISAGEM, EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA DE SOLOS DE TABULEIRO DO ESTADO DA BAHIA<sup>(1)</sup>

L. S. SOUZA<sup>(2)</sup>, A. Q. PAIVA<sup>(3)</sup>, L. D. SOUZA<sup>(2)</sup> & N. P. COGO<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Em relevo ondulado, a posição do solo na paisagem é importante quanto à quantidade de água armazenada e disponível para as plantas. A camada coesa dos solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil prejudica o fluxo de água no perfil. Em períodos mais chuvosos, pode ocorrer a formação de lençol freático suspenso acima dos horizontes coesos, em decorrência da restrição ao fluxo vertical descendente causada por tais horizontes. Dessa forma, em áreas declivosas, é possível ocorrer o interfluxo (fluxo lateral subsuperficial da água) no sentido morro abaixo sobre os horizontes coesos. Tal hipótese foi avaliada em uma topossequência com 190 m de comprimento e 0,097 m m<sup>-1</sup> de declividade média, composta por Latossolo Amarelo argissólico coeso-LAx (terço superior), Argissolo Amarelo coeso-PAx (terço médio), solo transicional-PAx/PAC e Argissolo Acinzentado-PAC, não-coeso (terço inferior). Dados de umidade, medidos semanalmente durante o ano de 1996 (53 semanas), em 10 pontos ao longo da topossequência e em sete profundidades, permitiram comprovar a hipótese citada, com o interfluxo, acima dos horizontes coesos, proporcionando um aporte maior e mais contínuo de umidade ao longo do tempo, no sentido LAx → PAx → PAx/PAC → PAC.

**Termos de indexação:** interfluxo, solos coesos, Latossolos, Argissolos.

---

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Londrina (PR) de 01 a 06 de julho de 2001. Recebido para publicação em janeiro de 2002 e aprovado em agosto de 2002.

<sup>(2)</sup> Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas (BA). E-mail: lsouza@cnpmf.embrapa.br; laercio@cnpmf.embrapa.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. Rod. Ilhéus-Itabuna, Km 16, CEP 45650-000 Ilhéus (BA). E-mail: arli@uesc.br

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: neroli@vortex.ufrgs.br

**SUMMARY:** *SOIL WATER INFLUENCED BY THE LANDSCAPE POSITION IN A TOPOSEQUENCE OF TABLELAND SOIL IN BAHIA, BRAZIL*

*Soil landscape position is important in relation to the amount of stored and available water for the plants. The cohesive layer in the tableland soil of the Northeast of Brazil hinders the water flow in the profile. During rainy periods, the formation of transitory water tables above cohesive horizons is possible, due to the restriction of descending vertical flow caused by such horizons. Therefore, the occurrence of interflow (downhill lateral subsuperficial water flow) on the cohesive horizons in slope areas is possible. This hypothesis was evaluated in a toposequence with a length of 190 m and a medium slope of 0.097 m m<sup>-1</sup>, composed by cohesive argisolic Yellow Latosol-LAx (upper third), cohesive Yellow Argisol-PAx (middle third), transitional soil-PAx/PAC, and non-cohesive Gray Argisol-PAC (lower third). Soil water data estimated weekly during the year of 1996 (53 weeks), in ten points along the toposequence and at seven depths, allowed to prove the mentioned hypothesis; interflow, on the cohesive horizons, caused a larger and more continuous moisture contribution on the long term, in the order LAx → PAx → PAx/PAC → PAC.*

*Index terms: interflow, cohesive soils, latosols, argisols.*

## INTRODUÇÃO

O ecossistema dos Tabuleiros Costeiros estende-se desde o Amapá até o Rio de Janeiro, ocupando, apenas na região Nordeste, cerca de 10 milhões de hectares, correspondendo a 16 % da área total dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Esse ecossistema revela grande potencialidade para uso agrícola, principalmente para a produção de alimentos, sobretudo a fruticultura, graças à topografia plana a suave ondulada, que favorece a mecanização, e ao mercado consumidor, que os grandes centros urbanos, localizados nos tabuleiros, representam.

No entanto, várias limitações agrícolas são apresentadas pelas classes de solos desse ecossistema, dentre as quais se destaca a baixa capacidade de retenção de água, que, associada à má distribuição das chuvas e, em especial, à presença de horizontes coesos, prejudiciais à dinâmica da água no perfil, promove, com frequência, sérios problemas no suprimento de água para as plantas (Souza, 1996; Cintra, 1997). Sobre este assunto, Souza & Souza (2000) levantam questões sobre a necessidade/viabilidade do uso de irrigação na exploração agrícola dos Tabuleiros Costeiros.

Por esta razão, é importante o conhecimento da dinâmica da água no solo, nesse ecossistema, levando em consideração tanto os solos das partes altas do relevo, como também os das encostas e das partes mais baixas.

Segundo Hanna et al. (1982), a quantidade de água armazenada e disponível para as plantas em um solo com relevo ondulado é influenciada pela posição na paisagem, especialmente em solos de

textura mais argilosa, que, em geral, apresentam baixa taxa de infiltração e alto potencial de escoamento superficial. Gile Jr. (1958) estudou perfis de solo pouco profundos de New England e verificou que a presença de um horizonte adensado na subsuperfície do solo causa a mudança no sentido do movimento das águas de percolação, de vertical para horizontal (lateral).

Em relevos ondulados, a presença de camadas subsuperficiais menos permeáveis no solo do que as camadas superficiais faz com que, em adição ao fluxo vertical da água, surja um fluxo lateral subsuperficial morro abaixo, chamado de interfluxo, paralelo às camadas de menor permeabilidade e resultante da combinação das forças de gravidade e do gradiente de pressão (Zaslavsky & Rogowski, 1969; Ward, 1975; Huggins, 1979). Os solos de tabuleiro, tanto os argilosos como os arenosos, apresentam uma camada coesa que funciona como um impedimento à dinâmica da água no solo (Paiva et al., 2000).

Segundo Moniz (1996), à medida que uma superfície plana começa a desenvolver certa declividade, o fluxo lateral da água se instala. Os pequenos agregados da parte superficial do solo recebem mais água durante as chuvas e, depois, por certo tempo, por causa do umedecimento provocado pelo fluxo lateral; em razão de ciclos alternados de umedecimento e secagem, aproximam-se uns dos outros ou aglomeram-se, ambos os casos resultando em redução da porosidade do solo.

Em tais situações, Bouma (1983) cita a possibilidade de formação de lençol freático suspenso acima dos horizontes de permeabilidade mais lenta, nos períodos de maior precipitação pluvial, o qual tem importante influência na pedogênese. Sobre este assunto, Lepsch et al. (1977) e Vidal-Torrado et

al. (1999), trabalhando em vertentes localizadas respectivamente no Platô Ocidental e na Depressão Periférica do estado de São Paulo, consideraram a influência crescente da ação mecânica do fluxo lateral da água como uma das causas para a transição Bw-Bt ao longo da vertente, explicando, assim, a formação de Argissolos nos declives mais acentuados, já que o movimento lateral da água nos horizontes superficiais promove a redução de óxidos de ferro e a sua remoção, facilitando a iluviação de argila.

Moniz et al. (1994), trabalhando em uma vertente localizada em Rio das Pedras (SP), recoberta em toda a sua extensão (500 m) por Terra Roxa Estruturada distrófica (Nitossolo) com estrutura fortemente desenvolvida, verificaram, durante 14 meses de observações semanais, um aumento progressivo da umidade do solo encosta abaixo nos horizontes subsuperficiais e um aumento do armazenamento de água na camada de 0-1,80 m no mesmo sentido, atribuindo ambos os fatos à existência de importante fluxo de água lateral em toda esta camada.

Em trabalho anterior, Paiva et al. (1998), analisando o armazenamento e a disponibilidade de água ao longo do tempo, em uma topossequência de solos de tabuleiro do estado da Bahia, encontraram maior disponibilidade no Argissolo Acinzentado-PAC, não-coeso, de textura arenosa e localizado no terço inferior da vertente, seguido pelo Latossolo Amarelo argissólico-LAx (terço superior) e, por último, pelo Argissolo Amarelo-PAx (terço médio), estes dois

coesos e de textura média/argilosa. Em continuação, Souza & Paiva (2001) detectaram maiores potenciais de água no solo ao longo do tempo no PAC e potenciais bem mais baixos no LAx e PAx, principalmente nas camadas mais profundas. Assim, é possível que os maiores potenciais no PAC tenham resultado da ocorrência de fluxo lateral subsuperficial da água no sentido morro abaixo, acima dos horizontes coesos, além do fluxo superficial que existe, considerando a posição dos solos na paisagem.

Este trabalho, corroborado pelo enunciado por Zaslavsky & Rogowski (1969), Ward (1975) e Huggins (1979), teve por objetivo verificar a hipótese de que, nos solos coesos, localizados nas partes mais altas do relevo, ocorre a formação de lençol freático suspenso acima dos horizontes coesos, nos períodos mais chuvosos, em decorrência da restrição ao fluxo descendente causada por tais horizontes, possibilitando o interfluxo no sentido morro abaixo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Soledade, no ano de 1996, em uma área com pomar de laranja 'Hamlin' com 10 anos de idade, situada no município de Sapeaçu, Recôncavo Baiano (Figura 1).

A topossequência estudada (Figura 2) apresenta um comprimento de 190 m e declividade média de

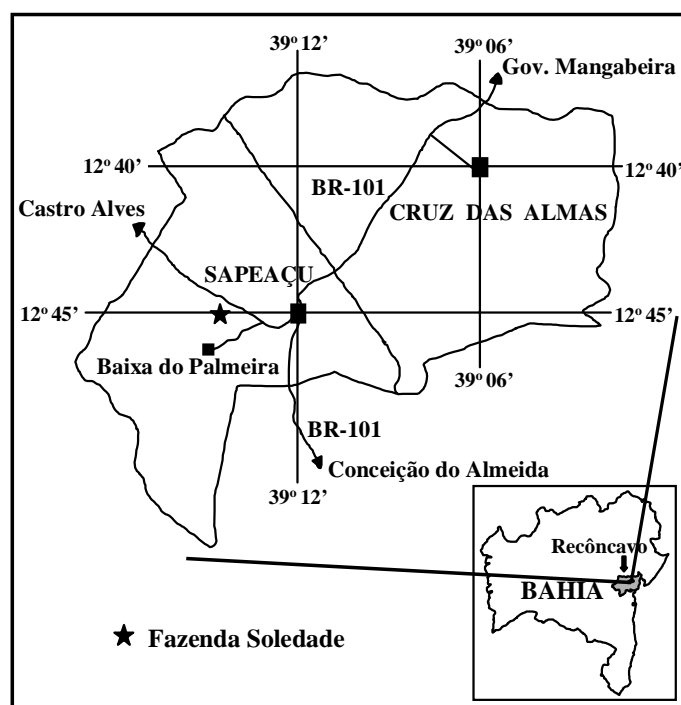


Figura 1. Localização da Fazenda Soledade, em Sapeaçu (BA), onde está situada a topossequência estudada.

0,097 m m<sup>-1</sup>, sendo composta por Latossolo Amarelo argissólico (LAX), no terço superior da vertente (0-50 m); Argissolo Amarelo (PAX), no terço médio (50-140 m), ambos coesos; solo transicional PAX/PAC (140-160 m) e Argissolo Acinzentado (PAC), não-coeso, no terço inferior (160-190 m).

Inicialmente, foram abertos quatro perfis na topossequência, dos quais o localizado na parte mais alta foi classificado como LAX; os dois localizados na parte intermediária foram classificados como PAX e, pela semelhança morfológica entre eles, apenas um foi descrito e amostrado; e o último, localizado na parte mais baixa, foi classificado como PAC. Nos três perfis, foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada e deformada, em triplicata, para determinação da porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica saturada e granulometria. Todas as determinações analíticas seguiram métodos descritos em EMBRAPA (1997). A textura do solo foi estabelecida com base nos dados de granulometria e considerando as classes generalizadas apresentadas por Oliveira et al. (1992), as quais constituem uma simplificação das classes primárias de textura.

A medição da umidade do solo foi feita, semanalmente, com sonda de nêutrons marca CPN, modelo 503DR, nas profundidades de 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30 e 1,50 m, iniciando em dezembro/95 e terminando em dezembro/96, totalizando 53 semanas. Para isso, foram instaladas duas fileiras de tubos de acesso de zinco, a espaços de 6 m entre elas, sendo 10 tubos por fileira, com espaços de 20 m entre eles, no sentido do declive.

Por ocasião das tradagens para instalação dos tubos de acesso para a sonda de nêutrons, foram coletadas amostras de solo nas mesmas

profundidades de medição da umidade do solo, para determinação da granulometria, como um indicador dos limites de separação entre os três solos. Analisando estes dados, optou-se por considerar em separado o solo onde estavam localizados os tubos 8 e 16, por apresentarem textura não tão argilosa quanto o PAX nem tão arenosa quanto o PAC. Esse solo foi denominado solo transicional PAX/PAC.

Assim sendo, e tendo em vista que cada solo ocupou uma faixa com largura variável, foram instalados três tubos de acesso no LAX, quatro tubos no PAX, um tubo no solo transicional PAX/PAC e dois tubos no PAC, todos com duas repetições. Os tubos possuíam um comprimento de 2,00 e 0,05 m de diâmetro interno.

Os dados das leituras da sonda de nêutrons foram transformados em umidade volumétrica, com base em curvas de calibração estabelecidas para cada solo. Posteriormente, os dados de umidade volumétrica foram agregados para cada solo, profundidade e tempo de medição.

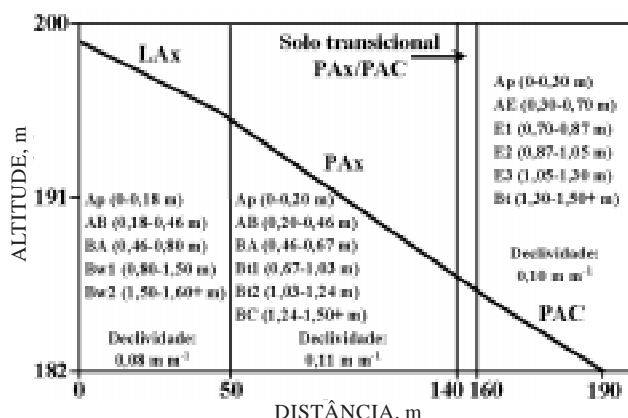
Os dados de precipitação pluvial correspondentes ao período de avaliação foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas (BA), distando cerca de 10 km em linha reta da área em estudo, mas com características climáticas semelhantes às desta. Tais dados foram agregados por semana, considerando como primeira semana aquela anterior à primeira leitura com a sonda de nêutrons, e assim por diante.

Os dados de umidade para cada solo, profundidade e tempo de medição foram submetidos à análise de variância, avaliando-se os fatores isolados (solo e profundidade) e a interação entre eles. As médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5 % (Scott & Knott, 1974).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados morfológicos e analíticos (Quadros 1 e 2) somente reforçam a hipótese do trabalho, uma vez que a presença de horizontes coesos a partir de 0,18 m de profundidade no Latossolo Amarelo argissólico (LAX) e de 0,20 m no Argissolo Amarelo (PAX), com estrutura predominantemente maciça, consistência seca variando de dura a extremamente dura, baixa porosidade total, predominância de microporos, macroporosidade muito baixa e redução drástica na condutividade hidráulica saturada, certamente leva à restrição ao fluxo descendente da água no solo, à formação de lençol freático suspenso acima dos horizontes coesos e ao interfluxo no sentido morro abaixo.

As restrições mostraram-se mais severas no PAX. O Argissolo Acinzentado (PAC), não-coeso, apesar da sua estrutura também predominantemente maciça (Quadro 1), não mostrou limitações quanto às demais



**Figura 2. Altitude e posição dos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), estudados em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.**

**Quadro 1. Características morfológicas e químicas dos solos de uma toposequência em tabuleiro, localizada em Sapeaçu (BA)**

Horizonte	Estrutura	Consistência	pH H <sub>2</sub> O	CTC	V	m	MO
				mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	— % —		g kg <sup>-1</sup>
Latossolo Amarelo argissólico (LAX)							
Ap (0-0,18 m)	blocos subangulares pequenos e médios	macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	5,8	78	59	4	21
AB (0,18-0,46 m)	maciço que se desfaz em blocos subangulares	duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	4,9	77	25	37	15
BA (0,46-0,80 m)	maciço que se desfaz em fragmentos angulosos	duro, friável, plástico, ligeiramente pegajoso	4,4	65	20	52	10
Bw1 (0,80-1,50 m)	forte pequena granular e blocos subangulares pequenos e médios	extremamente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	4,4	52	33	35	6
Bw2 (1,50-1,60 m+)	forte pequena granular e blocos subangulares pequenos e médios	duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	4,7	44	43	21	5
Argissolo Amarelo (PAX)							
Ap (0-0,20 m)	blocos subangulares	ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	5,8	71	52	10	18
AB (0,20-0,46 m)	maciço que se desfaz em blocos subangulares	duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	4,9	73	34	24	13
BA (0,46-0,67 m)	maciço que se desfaz em blocos subangulares	duro, muito firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso	4,4	72	39	22	14
Bt1 (0,67-1,03 m)	blocos angulares	muito duro, muito firme, plástico, pegajoso	4,2	63	40	24	8
Bt2 (1,03-1,24 m)	blocos angulares	muito duro, muito firme, plástico, pegajoso	4,2	56	43	20	6
BC (1,24-1,50 m+)	blocos angulosos com manchas de alteração do material de origem	muito duro, plástico, ligeiramente pegajoso	4,2	46	52	11	4
Argissolo Acinzentado (PAC)							
Ap (0-0,30 m)	grãos simples e fraca pequena blocos subangulares	ligeiramente duro, muito friável, não-plástico, não-pegajoso	6,4	25	60	0	4
AE (0,30-0,70 m)	aspecto maciço com grãos simples com raras fraca pequena média blocos subangulares	ligeiramente duro, muito friável, não-plástico, não-pegajoso	5,2	22	32	30	3
E1 (0,70-0,87 m)	maciço que se desfaz em fragmentos subangulosos e angulosos	ligeiramente duro, muito friável, não-plástico, não-pegajoso	5,1	15	27	43	2
E2 (0,87-1,05 m)	maciço que se desfaz em fragmentos subangulosos e angulosos	ligeiramente duro, solto, não-plástico, não-pegajoso	5,3	11	27	40	1
E3 (1,05-1,30 m)	maciço que se desfaz em fragmentos subangulosos e angulosos	duro, muito friável, não-plástico, não-pegajoso	5,3	10	30	40	1
Bt (1,30-1,50 m+)	maciço que se desfaz em fragmentos angulosos	extremamente duro, extremamente firme, não-plástico, ligeiramente pegajoso	4,7	19	26	44	1



**Quadro 2. Resultados de análises físicas de uma topossequência em tabuleiro, localizada em Sapeaçu (BA)**

Horizonte	Porosidade			Densidade do solo	Condutividade hidráulica saturada
	Total	Macro	Micro		
m³ m⁻³					
kg dm⁻³					
m s⁻¹ x 10⁻⁷					
Latossolo Amarelo argissólico (LAX)					
Ap (0-0,18 m)	0,35	0,11	0,24	1,57	268,8
AB (0,18-0,46 m)	0,34	0,08	0,26	1,59	90,0
BA (0,46-0,80 m)	0,37	0,09	0,28	1,55	31,4
Bw1 (0,80-1,50 m)	0,35	0,03	0,32	1,57	23,9
Bw2 (1,50-1,60 m+)	0,42	0,11	0,31	1,40	129,1
Argissolo Amarelo (PAX)					
Ap (0-0,20 m)	0,31	0,08	0,23	1,72	153,0
AB (0,20-0,46 m)	0,33	0,05	0,28	1,64	143,0
BA (0,46-0,67 m)	0,31	0,01	0,30	1,68	19,7
Bt1 (0,67-1,03 m)	0,35	0,03	0,32	1,55	6,5
Bt2 (1,03-1,24 m)	0,36	0,03	0,33	1,53	9,1
BC (1,24-1,50 m+)	0,36	0,03	0,33	1,53	39,7
Argissolo Acinzentado (PAC)					
Ap (0-0,30 m)	0,37	0,22	0,15	1,63	460,8
AE (0,30-0,70 m)	0,36	0,20	0,16	1,70	300,1
E1 (0,70-0,87 m)	0,36	0,19	0,17	1,71	244,3
E2 (0,87-1,05 m)	0,35	0,18	0,17	1,73	132,9
E3 (1,05-1,30 m)	0,35	0,20	0,15	1,74	39,3
Bt (1,30-1,50 m+)	0,32	0,16	0,16	1,79	30,0

variáveis citadas (Quadros 1 e 2), pelo fato de apresentar textura arenosa até à profundidade de 0,90 m e média daí em diante (Quadro 3). O solo LAX apresentou textura média na profundidade de 0,30 m e argilosa de 0,50 m em diante; o solo PAX apresentou textura argilosa em todas as profundidades, enquanto o solo transicional PAX/PAC, considerado em separado pelas razões já apresentadas em material e métodos, revelou textura média até 0,50 m de profundidade e argilosa daí em diante, confirmando estar localizado numa transição entre PAX e PAC (Quadro 3).

Os resultados apresentados nos quadros 1, 2 e 3 para os solos LAX e PAX, ambos coesos, reúnem condições citadas por Zaslavsky & Rogowski (1969), Ward (1975) e Huggins (1979) como promotoras de interfluxo de água no sentido morro abaixo, em relevos ondulados. No LAX, a condutividade hidráulica saturada reduziu gradualmente de 268,8 m s<sup>-1</sup> x 10<sup>-7</sup> (97 mm h<sup>-1</sup>), no horizonte Ap, para 23,9 m s<sup>-1</sup> x 10<sup>-7</sup> (9 mm h<sup>-1</sup>), no Bw1, enquanto, no PAX, a redução foi de 153,0 m s<sup>-1</sup> x 10<sup>-7</sup> (53 mm h<sup>-1</sup>), no horizonte Ap, para 6,5 m s<sup>-1</sup> x 10<sup>-7</sup> (2 mm h<sup>-1</sup>), no Bt1 (Quadro 2).

Os dados de pluviosidade nas 53 semanas de realização do trabalho mostraram que, em 32 delas, o total semanal esteve entre 10 e 132 mm; em outras

11, variou de 2 a 8 mm e, nas 10 restantes, variou de 0 a 0,3 mm. Embora sejam dados de quantidade e não de intensidade de chuvas, o fato de que as semanas chuvosas sucederam-se na maioria dos casos permite pressupor a ocorrência de períodos de saturação de umidade nos horizontes subsuperficiais menos permeáveis, favorecendo o movimento lateral da água.

A análise de variância dos dados de umidade volumétrica coletados ao longo do tempo de realização do trabalho mostrou efeito altamente significativo para solo, profundidade e interação solo x profundidade. A decomposição da interação para solo dentro de profundidade mostrou significância estatística em todas as profundidades (Quadro 4), indicando diferença de comportamento entre os solos a depender da profundidade considerada (Quadro 5).

A variação da umidade volumétrica nos quatro solos, durante as 53 semanas de avaliação, aparece nas figuras 3 a 9, para as várias profundidades. Nestas figuras, aparecem também os dados de pluviosidade que, apesar de terem sido registrados na estação meteorológica da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas (BA), distando cerca de 10 km em linha reta da área em estudo, foram considerados pelo fato de ter-se observado uma estreita relação com a umidade do

**Quadro 3. Resultados de análise granulométrica de uma topossequência em tabuleiro, localizada em Sapeaçu (BA)**

Profundidade	Areia total	Silte	Argila	Textura
m	g kg <sup>-1</sup>			
Latossolo Amarelo argissólico (LAX)				
0,30	545	124	331	média
0,50	467	107	426	argilosa
0,70	426	100	474	argilosa
0,90	399	105	496	argilosa
1,10	358	124	518	argilosa
1,30	363	125	512	argilosa
1,50	361	156	483	argilosa
Argissolo Amarelo (PAX)				
0,30	526	105	369	argilosa
0,50	472	94	434	argilosa
0,70	422	100	478	argilosa
0,90	384	103	513	argilosa
1,10	377	126	497	argilosa
1,30	355	154	491	argilosa
1,50	379	183	438	argilosa
Solo transicional PAX/PAC				
0,30	676	128	196	média
0,50	570	122	308	média
0,70	489	118	393	argilosa
0,90	442	99	459	argilosa
1,10	403	112	485	argilosa
1,30	402	144	454	argilosa
1,50	352	153	495	argilosa
Argissolo Acinzentado (PAC)				
0,30	831	109	60	arenosa
0,50	793	132	75	arenosa
0,70	788	139	73	arenosa
0,90	792	145	63	arenosa
1,10	764	143	93	média
1,30	729	135	136	média
1,50	698	138	164	média

solo, ou seja, sempre que choveu, a umidade aumentou, e vice-versa. Assim, ficou comprovada a esperada semelhança entre as características pluviométricas das duas regiões, que apresentam coordenadas geográficas não muito diferentes, no caso principalmente a longitude (Figura 1).

Na profundidade de 0,30 m (Figura 3), observou-se um período inicial de secamento em todos os solos, da semana 1 até a 14, dada a baixa pluviosidade neste período. A partir daí, ocorreu a alternância de aumentos e reduções da umidade do solo, dependendo da ocorrência ou não de chuvas. Picos acentuados da umidade do solo foram observados nas semanas 19, 20, 26, 29, 37, 42 e 50, em todos os solos, como resultado da precipitação pluvial ocorrida, em alguns casos com a umidade do solo aproximando-se da saturação, com o potencial total da água no solo bem próximo a zero (Souza & Paiva, 2001). Nesta profundidade, o processo de secamento resultou principalmente da transpiração, visto que, nesta profundidade, está localizada a maior parte do sistema radicular dos citros, com interferência também da evaporação direta do solo e da drenagem.

Estatisticamente, todos os quatro solos diferiram entre si (Quadro 5), com o PAX apresentando a maior umidade, vindo, em seguida, o LAX e o solo transicional PAX/PAC; o PAC foi o que apresentou a menor umidade, em razão da sua textura arenosa (Quadro 3). Um aspecto a ser ressaltado é o paralelismo encontrado entre as curvas de umidade obtidas para os quatro solos.

Na profundidade de 0,50 m (Figura 4), também ocorreram aumentos da umidade nas semanas citadas para 0,30 m. Um aspecto a ser destacado é o aumento de umidade observado em todos os quatro solos, em relação à profundidade de 0,30 m, sendo bem mais acentuado no LAX, PAX e solo transicional PAX/PAC, com o LAX e o PAX sendo semelhantes estatisticamente e diferentes do PAX/PAC e do PAC, que também diferiram entre si (Quadro 5).

**Quadro 4. Resultado da análise de variância dos dados de umidade do solo coletados em uma topossequência em tabuleiro, localizada em Sapeaçu (BA)**

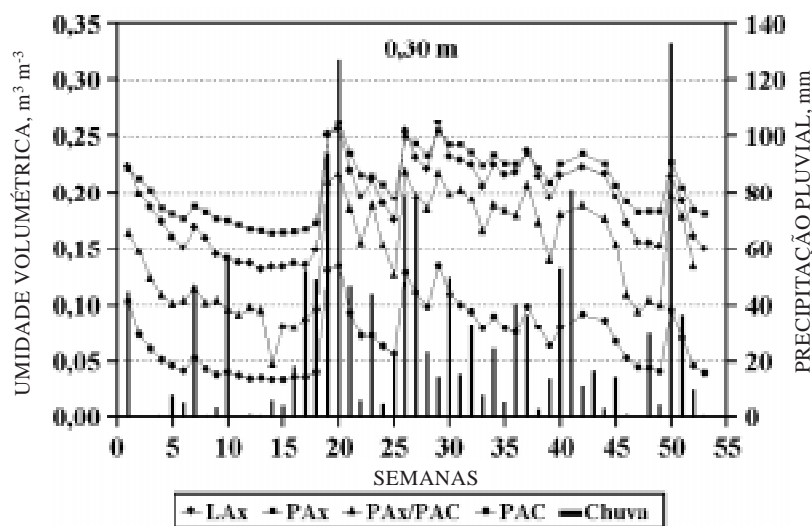
Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio
Solo	(3)	1,857222**
Profundidade	6	0,115302**
Interação Solo x Profundidade	(18)	0,019883**
Solo dentro da profundidade de 0,30 m	3	0,188676**
Solo dentro da profundidade de 0,50 m	3	0,258881**
Solo dentro da profundidade de 0,70 m	3	0,314968**
Solo dentro da profundidade de 0,90 m	3	0,366198**
Solo dentro da profundidade de 1,10 m	3	0,342052**
Solo dentro da profundidade de 1,30 m	3	0,269964**
Solo dentro da profundidade de 1,50 m	3	0,235779**
Resíduo	1393	0,000813
C.V. (%)		14,5

\*\* : Significativo a 1 %.

**Quadro 5. Dados médios de umidade do solo em 53 semanas de avaliação, em uma topossequência em tabuleiro, localizada em Sapeaçu (BA)**

Solo	Profundidade (m)						
	0,30	0,50	0,70	0,90	1,10	1,30	1,50
Umidade volumétrica, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$							
LAX <sup>(1)</sup>	0,1896 B <sup>(2)</sup>	0,2256 A	0,2406 A	0,2427 A	0,2498 B	0,2353 C	0,2242 C
PAX	0,2062 A	0,2292 A	0,2348 A	0,2393 A	0,2509 B	0,2541 B	0,2467 B
PAX/PAC	0,1482 C	0,1907 B	0,2227 B	0,2418 A	0,2617 A	0,2740 A	0,2820 A
PAC	0,0699 D	0,0770 C	0,0762 C	0,0717 B	0,0905 C	0,1121 D	0,1232 D

<sup>(1)</sup> LAX = Latossolo Amarelo argissólico, coeso; PAX = Argissolo Amarelo, coeso; PAX/PAC = solo transicional entre PAX e PAC; e PAC = Argissolo Acinzentado, não-coeso. <sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, dentro de cada profundidade, pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott-Knott a 5 %.



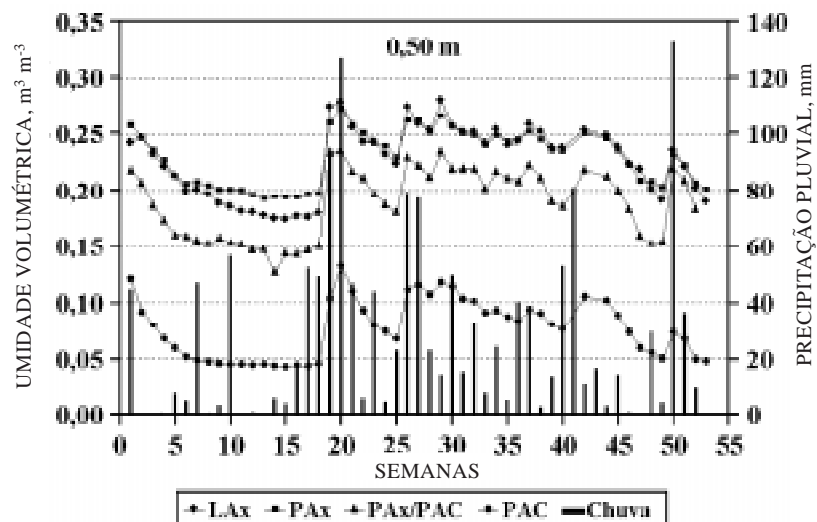
**Figura 3. Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 0,30 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do Estado da Bahia.**

Como a profundidade de 0,50 m já se encontra na camada coesa, nos solos LAX e PAX, o aumento de umidade citado pode já ser uma influência de tal camada na redução do fluxo vertical da água. Esta suposição pode ser suportada pela redução drástica da condutividade hidráulica saturada em tal profundidade (Quadro 2), nos dois solos citados. No solo transicional PAX/PAC, atribuiu-se o aumento de umidade principalmente à drenagem vertical, tanto pelas chuvas caídas diretamente nele, como pelo aporte de umidade por interfluxo do LAX e PAX. O aumento de umidade foi menor no PAC e pode ser atribuído à sua textura arenosa, baixa retenção de umidade, alta condutividade hidráulica saturada e rápida drenagem interna. Na profundidade de 0,50 m, o processo de secamento ao longo do tempo ocorreu de forma mais lenta que a 0,30 m, em razão

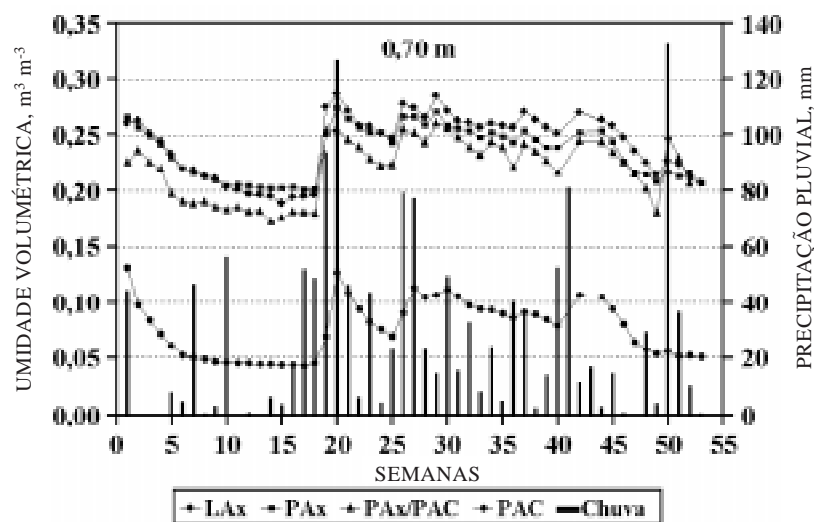
da redução da influência da evaporação. O paralelismo entre as curvas permaneceu inalterado e semelhante ao observado na profundidade de 0,30 m.

Na profundidade de 0,70 m (Figura 5), a situação mudou muito pouco em relação a 0,50 m, a não ser pelo aumento da umidade no solo transicional PAX/PAC, com a curva deste aproximando-se das dos solos LAX e PAX, atribuindo-se parte à drenagem vertical e parte ao aporte de umidade por interfluxo vindo dos solos LAX e PAX, localizados em cotas superiores na topossequência. Novamente, volta-se a ressaltar que, nos solos LAX e PAX, esta profundidade fica na camada coesa, com uma drástica redução na condutividade hidráulica saturada (Quadro 2). A situação do solo PAC permaneceu praticamente inalterada. O processo de secamento também foi mais lento do que a 0,50 m e o paralelismo entre as





**Figura 4.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 0,50 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.



**Figura 5.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 0,70 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.

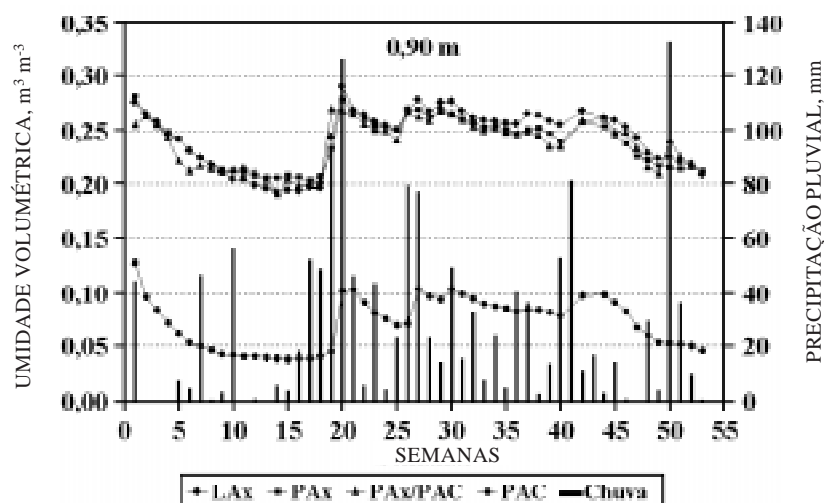
curvas continuou o mesmo. Em termos estatísticos, permaneceu o mesmo que a 0,50 m, ou seja,  $LAX \approx PAX > PAX/PAC > PAC$  (Quadro 5).

Na profundidade de 0,90 m (Figura 6), um aspecto adicional a ser comentado é o aumento da umidade no solo transicional PAX/PAC, com a sua curva passando a ser estatisticamente semelhante às dos solos LAX e PAX (Quadro 5), atribuindo-se às mesmas razões já apresentadas. A curva do PAC, estatisticamente inferior às dos demais solos, permaneceu praticamente inalterada, como também

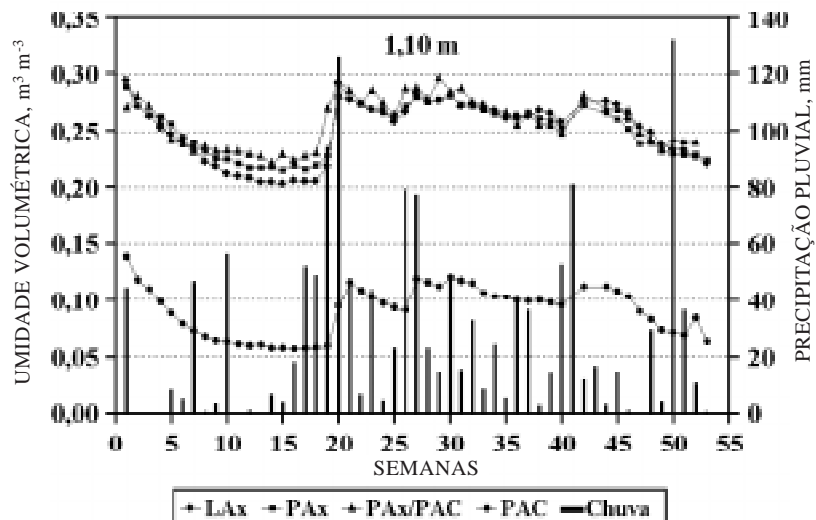
o processo de secamento e o paralelismo entre as curvas. Na profundidade de 0,90 m, detectou-se a maior redução na condutividade hidráulica saturada nos solos coesos LAX e PAX (Quadro 2), confirmando, assim, o exposto por Zaslavsky & Rogowski (1969), Ward (1975) e Huggins (1979), de que, em relevos ondulados, a presença de camadas subsuperficiais menos permeáveis favorece o surgimento de interfluxo morro abaixo. Este aspecto foi realçado nas profundidades de 1,10, 1,30 e 1,50 m, a seguir discutidas.

Nas profundidades de 1,10 m (Figura 7) e 1,30 m (Figura 8), a umidade do solo transicional PAX/PAC aumentou, apresentando-se quase sempre superior à obtida nos solos LAX e PAX, reforçando a hipótese de restrição ao fluxo vertical nestes dois últimos solos, causada pela presença da camada coesa, favorecendo o interfluxo para o solo transicional PAX/PAC. O processo de secamento ao longo do tempo tornou-se ligeiramente mais lento que a 0,90 m, e o paralelismo entre as curvas permaneceu o mesmo apenas para os solos LAX, PAX e solo transicional PAX/PAC. Com relação ao solo PAC, a situação começou a mudar a 1,10 m (Figura 7) e, principalmente, a 1,30 m (Figura 8), ocorrendo inclusive aumento de umidade a partir da semana 21 (8 de maio de 1996).

Tal fato não pode ser atribuído apenas ao fluxo vertical da umidade resultante da precipitação pluviométrica diretamente projetada sobre este solo, pois, se assim fosse, e considerando a rápida drenagem deste solo (Quadro 2), era esperado o aumento de umidade já na própria semana 20 (30 de abril de 1996). Assim sendo, admite-se que houve também contribuição de interfluxo vindo dos solos localizados nas partes mais altas da paisagem. Como a textura do solo transicional PAX/PAC já é argilosa a partir de 0,70 m, o que deve impor alguma restrição ao fluxo vertical da água, acredita-se que parte da água recebida por este solo, seja da precipitação autóctone como do aporte subsuperficial lateral vindo dos solos LAX e PAX, tenha sido transferida para o PAC,



**Figura 6.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 0,90 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.



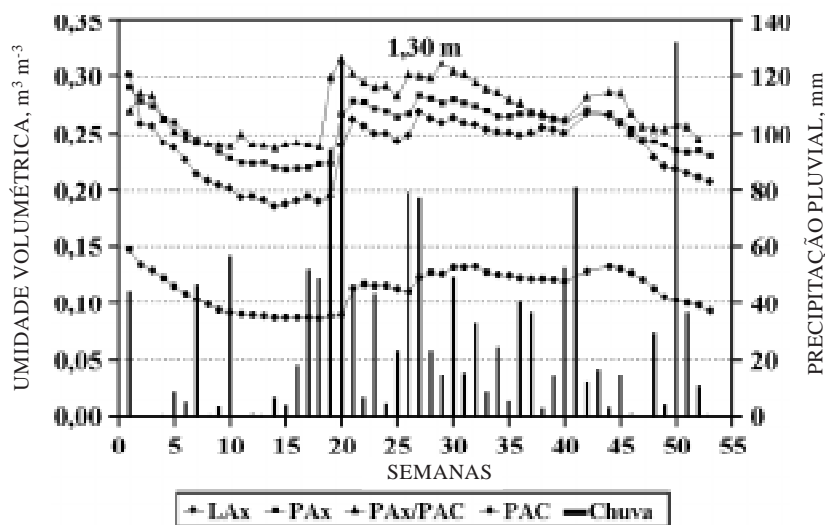
**Figura 7.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAX), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 1,10 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.

também por meio desta forma de transporte da água. Em termos estatísticos, a 1,10 m de profundidade  $P_{Ax}/P_{AC} > P_{Ax} \approx L_{Ax} > P_{AC}$ ; a 1,30 m,  $P_{Ax}/P_{AC} > P_{Ax} > L_{Ax} > P_{AC}$  (Quadro 5).

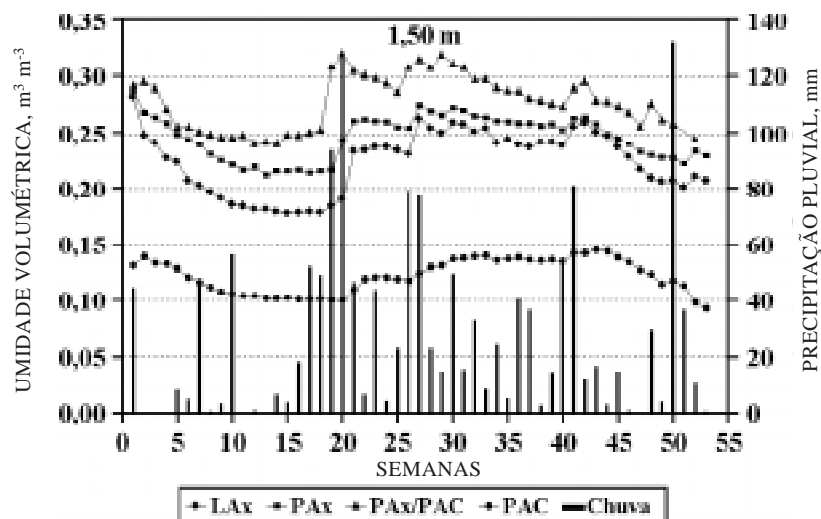
A situação a 1,50 m (Figura 9) permaneceu praticamente a mesma que a 1,30 m (Figura 8). Deve-se destacar a progressiva redução da umidade do solo  $L_{Ax}$ , de 1,10 m até 1,50 m (Figuras 7, 8 e 9), permanecendo o  $P_{Ax}$  praticamente inalterado. A única explicação plausível para isto é que houve restrição ao fluxo vertical da água no  $L_{Ax}$  até à profundidade de 1,10 m, conforme mostra a menor condutividade hidráulica saturada observada (Quadro 2), sendo, então, a água transferida

progressivamente para os solos localizados nas partes mais baixas do relevo, por interfluxo.

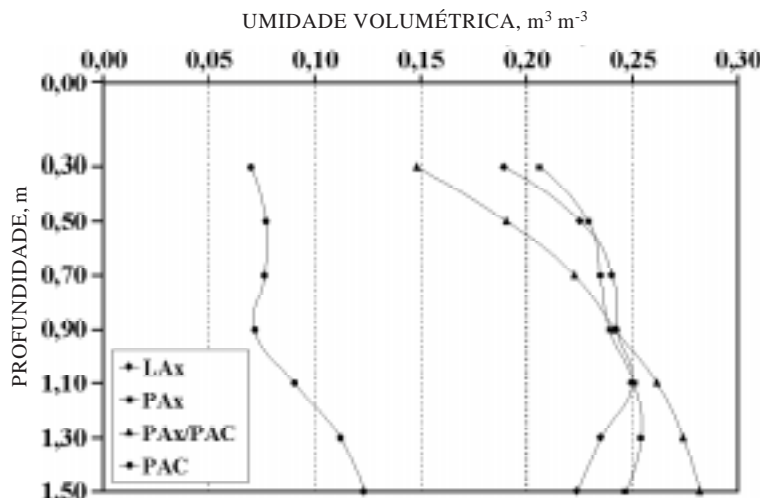
A figura 10, elaborada com a média dos dados de umidade registrados nas 53 semanas de avaliação, para os quatro solos, mostra claramente a influência do interfluxo dos solos  $L_{Ax}$  e  $P_{Ax}$  para o  $P_{Ax}/P_{AC}$ , cuja umidade média aumentou continuamente de 0,30 até 1,50 m de profundidade, variando, respectivamente, de 0,1482  $m^3 m^{-3}$  até 0,2820  $m^3 m^{-3}$ . No  $P_{AC}$ , localizado abaixo do  $P_{Ax}/P_{AC}$  na topossequência (Figura 2), o aumento da umidade média ocorreu a partir de 1,10 m de profundidade. Nesse solo ( $P_{AC}$ ), verifica-se que o aumento da umidade não ocorreu mais próximo da superfície



**Figura 8.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico ( $L_{Ax}$ ), Argissolo Amarelo ( $P_{Ax}$ ), solo transicional  $P_{Ax}/P_{AC}$  e Argissolo Acinzentado ( $P_{AC}$ ), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 1,30 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.



**Figura 9.** Variação da umidade nos solos Latossolo Amarelo argissólico ( $L_{Ax}$ ), Argissolo Amarelo ( $P_{Ax}$ ), solo transicional  $P_{Ax}/P_{AC}$  e Argissolo Acinzentado ( $P_{AC}$ ), nas 53 semanas de avaliação, na profundidade de 1,50 m, e precipitação pluvial no período, em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.



**Figura 10.** Variação média da umidade do solo em função da profundidade, em 53 semanas de avaliação, nos solos Latossolo Amarelo argissólico (LAx), Argissolo Amarelo (PAX), solo transicional PAX/PAC e Argissolo Acinzentado (PAC), em uma topossequência em tabuleiro do estado da Bahia.

nem atingiu maiores valores em profundidade que os observados a partir de 1,10 m, como no PAX/PAC, pelo fato de o PAC apresentar textura arenosa/média (Quadro 3) e sem restrições à dinâmica da água no perfil (Quadro 2), apresentando, assim, elevada drenagem. Neste solo, o potencial matricial da água no solo atingiu valores de -9, -8 e -8 kPa a 1,10, 1,30 e 1,50 m, respectivamente. Um aspecto a ressaltar é que o final da topossequência era um sistema aberto, terminando em um corte de estrada, o que facilitou também a drenagem lateral de água do PAC.

Os dados apresentados confirmam o observado por Gile Jr. (1958) e Hanna et al. (1982) de que a presença de adensamento na subsuperfície do solo causa a mudança no sentido do movimento das águas de percolação, de vertical para lateral, fazendo com que a água armazenada e disponível para as plantas em um solo com relevo ondulado seja influenciada pela posição na paisagem. Confirmam também o enunciado por Zaslavsky & Rogowski (1969), Ward (1975) e Huggins (1979) e os dados obtidos por Moniz (1994) em uma vertente no estado de São Paulo, além de contribuírem para explicar a transição lateral Bw-Bt ao longo da topossequência, conforme proposto por Lepsch et al. (1977) e Vidal-Torrado (1999).

Finalmente, explicam os dados observados por Paiva et al. (1998) e Souza & Paiva (2001), com maior disponibilidade e maiores potenciais da água no PAC, o contrário ocorrendo em LAx e PAX, e confirmam a hipótese levantada de que, nos períodos mais chuvosos, forma-se um lençol freático suspenso acima dos horizontes coesos nos solos de tabuleiro localizados nas partes mais altas da topossequência, decorrente da restrição ao fluxo descendente em tais horizontes, ocorrendo interfluxo no sentido morro abaixo, acima dos horizontes coesos.

## CONCLUSÃO

1. Nos períodos mais chuvosos, a presença de horizontes coesos subsuperficiais nos solos de tabuleiro localizados nas partes mais altas do declive restringe o fluxo vertical da água, ocorrendo a formação de lençol freático suspenso acima dos horizontes coesos e favorecendo o interfluxo no sentido do declive, em direção aos solos localizados nas partes mais baixas do relevo.

## LITERATURA CITADA

- BOUMA, J. Hydrology and soil genesis of soils with aquic moisture regimes. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & HALL, G.F., eds. Pedogenesis and soil taxonomy; I. Concepts and interactions. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.253-281.
- CINTRA, F.L.D. Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 90p. (Tese de Doutorado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GILE Jr., L.H. Fragipan and water table relationships of some Brown Podzolic and Low Humic Clay soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22:560-565, 1958.
- HANNA, A.Y.; HARLAN, P.W. & LEWIS, D.T. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. Agron. J., 74:999-1004, 1982.
- HUGGINS, L.F. Small watershed hydrology. Lafayette, Purdue University/Agricultural Engineering Department, 1979. não paginado.

- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W. & DANIELS, R.B. Soil-landscape relationships in the occidental plateau of São Paulo State, Brazil: II. Soil morphology, genesis, and classification. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:109-115, 1977.
- MONIZ, A.C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. R. Bras. Ci. Solo, 20:349-362, 1996.
- MONIZ, A.C.; MANFREDINI, S. & DEMATTÊ, J.L.I. Variações morfológicas, mineralógicas e hídricas em terra roxa estruturada ao longo de uma vertente em Rio das Pedras (SP). R. Bras. Ci. Solo, 18:513-520, 1994.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil. 2.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PAIVA, A.Q.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, A.C. & COSTA, L.M. Disponibilidade de água em uma topossequência de solos de tabuleiro do estado da Bahia e sua relação com indicadores do crescimento da laranja. R. Bras. Ci. Solo, 22:367-377, 1998.
- PAIVA, A.Q.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, A.C. & COSTA, L.M. Propriedades físico-hídricas de solos de uma topossequência de tabuleiro do estado da Bahia. Pesq. Agropec. Bras., 35:2295-2302, 2000.
- SCOTT, A.J. & KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, 30:507-512, 1974.
- SOUZA, L.S. & PAIVA, A.Q. Variação do potencial total da água em uma topossequência de solos de tabuleiro, durante dois anos. Pesq. Agropec. Bras., 36:349-355, 2001.
- SOUZA, L.S. & SOUZA, L.F.S. Fruticultura nos Tabuleiros Costeiros: competitiva sem irrigação? <http://www.agrocast.com.br/rumos/index.htm>, publicado em 22 de novembro de 2000. 3p.
- SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. Anais. Aracaju, EMBRAPA/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p.36-75.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S. & COOPER, M. Pedogênese em uma seqüência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na Depressão Periférica Paulista. R. Bras. Ci. Solo, 30:909-921, 1999.
- WARD, R.C. Principles of hydrology. 2.ed. United Kingdom, McGraw-Hill, 1975. 367p.
- ZASLAVSKY, D. & ROGOWSKI, A.S. Hydrologic and morphologic implications of anisotropy and infiltration in soil profile development. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33:594-599, 1969.



